



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑳ Aktenzeichen: P 32 19 558.3  
㉑ Anmeldetag: 25. 5. 82  
㉒ Offenlegungstag: 1. 12. 83

⑦① Anmelder:

Koster, Norbert H.L., Dipl.-Ing., 5173 Aldenhoven,  
DE; Wolff, Prof. Dr.-Ing., Ingo, 5100 Aachen, DE

⑦② Erfinder:

gleich Anmelder

⑤⑥ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-AS 24 28 890  
DE-OS 29 35 282  
DE-OS 29 35 271  
DE-OS 29 25 699  
DE-OS 29 22 542  
DE-OS 27 19 588  
US 40 75 632  
JP 1 31 547-7

DE-Z: Siemens-Zeitschrift 1970, H.2, S.55-60;  
CH-Z: Bull. d. Schweiz. Elektrot. Vereins, (Bull. SEV),  
1974, Nr.8, S.564-570;  
GB-Z: Medical and Biological Engineering, Vol.12,  
No.6, Nov. 1974, p. 837-842;  
GB-Z: Medical and Biological Engineering, Vol.12,  
No.6, Nov. 1974, p. 875-876;

⑤④ Mikromesssonde

Die Erfindung betrifft eine Mikromesssonde zur genauen Messung lokaler, physikalischer Größen an einem im Normalfall unzugänglichen Ort (z.B. im lebenden Körper) und zur drahtlosen Übertragung der Meßwerte an eine außerhalb des Meßortes stationierte Auswerteeinheit. Die Mikromesssonde ist geeignet, lokale physikalische Größen, wie z.B. die Umgebungstemperatur in einem menschlichen oder tierischen Gewebe bei der Anwendung von Hyperthermieverfahren (Erwärmung des Gewebes durch eingestrahlte Hochfrequenz- oder Mikrowellenstrahlung oder Erwärmung durch andere Verfahren) zur Krebstherapie genau zu messen und die Meßwerte drahtlos an eine Auswerteeinheit zu übertragen. Die Mikromesssonde ist ebenfalls geeignet, um andere lokale, physikalische Meßgrößen in gleichartigen oder ähnlichen Meßobjekten zu detektieren, solange die zu detektierende Meßgröße in eine äquivalente elektrische Widerstands- oder Kapazitätsänderung umgesetzt werden kann. (32 19 558)

PATENTANSPRÜCHE

Oberbegriff:

1. Mikromesssonde einschließlich Auswerteeinheit zur genauen Messung lokaler physikalischer Größen an einem im Normalfall unzugänglichen Ort (z.B. im lebenden Körper) und zur drahtlosen Übertragung der Meßwerte an eine außerhalb des Meßortes stationierte Auswerteeinheit,

kennzeichnender Teil:

dadurch gekennzeichnet, daß in der Messsonde eine elektronische Schaltung verwendet wird, die durch ein Hochfrequenzfeld energiemäßig versorgt wird und die zu messende physikalische Größe durch Absorptionsmodulation des speisenden Hochfrequenzfeldes überträgt, und die durch eine äußere Regelschaltung stets in einem solchen Arbeitspunkt betrieben wird, daß eine genaue auflösende Messung der zu messenden Meßgröße gewährleistet ist.

Oberbegriff des  
Unteranspruches:

2. Mikromesssonde einschließlich Auswerteeinheit nach Anspruch 1 unter Verwendung eines oder mehrerer temperaturabhängiger Widerstände in der elektronischen Schaltung zur Messung der lokalen Umgebungstemperatur im menschlichen Gewebe, speziell in einer Krebsgeschwulst, bei der Anwendung von Hyperthermieverfahren zur Krebstherapie,

kennzeichnender Teil  
des Unteranspruches:

dadurch gekennzeichnet, daß die Sonde in Mikroform aufgebaut wird und somit leicht im menschlichen Gewebe implantiert werden und dort verbleiben kann, und daß eine Messung der Temperatur mit einer Auflösung von mindestens 0,1 °C im interessierenden Temperaturbereich reproduzierbar durchgeführt werden kann.

### MIKROMESSSONDE

Anwendungs-  
gebiet:

Die Erfindung betrifft eine Mikromesssonde zur genauen Messung lokaler, physikalischer Größen an einem im Normalfall unzugänglichen Ort (z.B. im lebenden Körper) und zur drahtlosen Übertragung der Meßwerte an eine außerhalb des Meßortes stationierte Auswerteeinheit.

Zweck:

Die Mikromesssonde ist geeignet, lokale physikalische Größen, wie z.B. die Umgebungstemperatur in einem menschlichen oder tierischen Gewebe bei der Anwendung von Hyperthermieverfahren (Erwärmung des Gewebes durch eingestrahlte Hochfrequenz- oder Mikrowellenstrahlung oder Erwärmung durch andere Verfahren) zur Krebstherapie genau zu messen und die Meßwerte drahtlos an eine Auswerteeinheit zu übertragen. Die Mikromesssonde ist ebenfalls geeignet, um andere lokale, physikalische Meßgrößen in gleichartigen oder ähnlichen Meßobjekten zu detektieren, solange die zu detektierende Meßgröße in eine äquivalente elektrische Widerstands- oder Kapazitätsänderung umgesetzt werden kann.

Stand der Technik:

Die Hyperthermie zur Krebstherapie ist ein relativ junges Forschungsgebiet der Medizin, in dem die Aufgabenstellung der genauen Messung der lokalen Temperatur innerhalb lebenden menschlichen Gewebes erst neu definiert wurde. Veröffentlichungen zur Lösung dieses Meßproblems mit rein elektrophysikalischen Hilfsmitteln sind den Antragstellern nicht bekannt. Im Gegensatz zu anderen Meßproblemen muß die Messung so ausgeführt werden, daß die Meßsonde über längere Zeit im auszumessenden Gewebe verbleiben kann, ohne störende Auswirkungen auf das Gewebe zu verursachen und ohne daß eine drahtgebundene Verbindung z.B. auch zur Energiezufuhr und zur Auswertelektronik besteht. Ein Alternativvorschlag zur Lösung des Problems unter Ausnutzung der gyromagnetischen Resonanz in kleinen Ferritproben wurde in diesem Jahr von zwei Stellen publiziert /1/,/2/.

Die Vorschläge, die Temperatur mit Hilfe der gyromagnetischen Resonanz kleiner Ferritproben zu messen, eignen sich nach Auffassung der Antragsteller zur Lösung des Meßproblems weniger, weil die gyromagnetische Resonanz einerseits durch eine eingestrahlte Hochfrequenzwelle angeregt werden muß, die im menschlichen Gewebe aufgrund der hohen notwendigen Frequenzen stark absorbiert wird, und weil zusätzlich ein Magnetfeld im Innern des Gewebes zur Vormagnetisierung der Ferritprobe aufgebracht werden muß. Bei großen Körperdurchmessern ist dies nur mit erheblichem Aufwand zur Erzeugung des Magnetfeldes möglich.

Kritik des Standes der Technik:

Das Prinzip, auf dem die bekannte "Heidelberger Sonde" zur Messung der Magensäure von Patienten beruht /3/ ist deshalb hier nicht anwendbar, weil es

1. eine durch Zuführung von chemischer Energie gebildete Energiequelle (durch Magensäure angeregter elektrolytischer Zersetzungsprozeß) benötigt
- und
2. trotz relativ hohem Schaltungsaufwand zur genauen, auflösenden Messung der Temperatur nicht geeignet ist (geforderte Auflösung 0,1 °C).

Aufgabe:

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, lokale physikalische Größen im Innern eines menschlichen oder tierischen, lebenden Gewebes (z.B. Krebsgeschwulst) oder anderen unzugänglichen Orten zu messen.

Lösung:

Diese Aufgabe wird erfindungsmäßig dadurch gelöst, daß die Schwingfrequenz eines in einfacher Schaltungstechnik und evtl. in Mikroform aufgebauten Phasenschiebegerators in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur gemessen wird. Dies geschieht so, daß durch Verwendung einer geeigneten Generatorschaltung die genaue Meßgröße sichergestellt und der Schaltungsaufwand zur Messung in die äußere Auswerteschaltung verlegt wird, wo der Aufwand keinen Einschränkungen bezüglich Räumlichkeiten und Energieanforderungen (wie diese für die Sonde vorgegeben sind) unterworfen ist. Dieses gesteckte Ziel wiederum wird dadurch erreicht, daß der Generator durch eine äußere Regelstrecke und eine drahtlose Informationsübertragung zwischen Sonde und Auswerteeinheit stets in der Umgebung seines Anschwingpunktes arbeitet, so daß seine Schwingfrequenz nur durch die an ein aktives Bauelement angeschalteten RC-Glieder bestimmt wird. Enthalten die RC-Glieder einen oder mehrere Widerstände oder Kondensatoren, die von der zu messenden physikalischen Größe abhängig sind, so bestimmen nur diese die

Schwingfrequenz des Generators. Die Energieversorgung der Messsonde wird von außen drahtlos sichergestellt. Das Messsignal wird dadurch detektiert, daß die Messsonde im Feld der äußeren Auswerteeinheit periodische Leistungsabsorptionen mit der Frequenz des Phasenschiebergenerators bewirkt. Diese können mit einer geeigneten Meßeinrichtung detektiert werden.

Weitere Ausgestaltung:

Wie bereits oben erwähnt, eignet sich die Messsonde nicht nur für das speziell angeführte Anwendungsgebiet im Bereich der Hyperthermie-Therapie, sondern für alle anderen Meßaufgaben an schwer zugänglichen Orten, bei denen die physikalische Größe als Änderung einer Kapazität bzw. eines Widerstandes gemessen werden kann.

Erzielbare Vorteile: Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß eine lokale Messung der physikalischen Größe über praktisch unbegrenzte Zeitbereiche an unzugänglichem Ort beliebig oft durchgeführt werden kann, ohne daß die implementierte Messsonde gewartet werden muß, oder Energiequellen (Batterien) ausgetauscht werden müssen. Dies bedeutet zusätzlich, daß die Sonde, insbesondere wenn sie in Mikroform aufgebaut ist, für alle Zeit z.B. im lebenden Körper verbleiben kann, und somit bei einer evtl. später notwendigen Nachmessung selbst nach langer Zeit wieder voll einsatzfähig zur Verfügung steht. Gleichzeitig gestattet die Sonde die Messung z.B. der Temperatur mit der notwendigen Temperaturlösung von  $0,1^{\circ}\text{C}$ , was mit bisher zur Verfügung stehenden Meßverfahren unter den genannten Randbedingungen nicht möglich ist.

Beschreibung eines Ausführungsbeispiels:

Ein Ausführungsbeispiel der Schaltung der Messsonde ist in Fig. 1 gezeigt. Die Schaltung zeigt einen Phasenschiebergenerator einfachster Bauart, dessen Schwingfrequenz durch Auswahl der Schaltung in erster Näherung nur von den Widerstands- und Blindelementen des Phasenschiebers, weniger vom Transistor bzw. seinem Arbeitspunkt bestimmt wird. Anstelle der in Fig. 1 gezeigten speziellen Ausführungsform des Generators kann jede andere, einfache elektronische, geeignete Schaltung verwendet werden, die in Abhängigkeit von der zu messenden Größe periodisch an den Klemmen 1-1' (Fig. 1) dem Schwingkreis LC einen Strom entzieht. Geeignet ist eine Schaltung dann, wenn der periodische Schaltvorgang im Arbeitsbereich der Schaltung im wesentlichen von der an den Klemmen 1-1' anliegenden Spannung unabhängig ist.

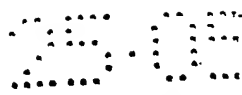
Die Messsonde mit der in Fig. 1 gezeigten Schaltung wird in der in Fig. 2 gezeigten Regel- und Auswerteschaltung betrieben. Ein Hochfrequenzgenerator (VFO) erzeugt ein Hochfrequenzsignal, dessen Leistung über eine Regelschaltung einem Sendeverstärker (PA) zugeführt wird, dieser wiederum speist eine Sendespule. Das Hochfrequenzsignal der Sendespule induziert im Schwingkreis der Sonde ein Hochfrequenzsignal (Resonanz). Dieses wird von der Diode gleichgerichtet und zur Energieversorgung der Generatorschaltung verwendet. Bei Fließen eines elektrischen Stromes durch die Diode D (Fig. 1) entzieht der Phasenschiebegerator dem Schwingkreis LC Energie, was wiederum in der Empfangsspule (Fig. 2) zu einer Verminderung der aus dem Feld der Sendespule aufgenommenen Energie führt und somit detektiert werden kann.

Dieses mit der Frequenz des Phasenschiebegerators modulierte Signal wird demoduliert, das entstehende Niederfrequenzsignal verstärkt und im Signalerkenner verarbeitet sowie nach Einstellung aller notwendigen Parameter durch den Regelkreis zur Anzeige gebracht. Im Regelkreis steuert nach Einschalten der Anlage der Rechner (CPU) die Frequenz des Hochfrequenzgenerators (VFO), bis sie mit der Schwingfrequenz des Schwingkreises LC der Sonde (Fig. 1) übereinstimmt, d.h. die Schaltung detektiert das Maximum des in der Empfangsspule gemessenen Niederfrequenzsignals des Phasenschiebegerators.

Anschließend wird über den Regelkreis die abgestrahlte Hochfrequenzleistung der Sendestufe soweit reduziert, daß der Phasenschiebegerator der Sonde gerade in seinem Anschlag-Arbeitspunkt betrieben wird und dort gehalten wird. In diesem Betriebszustand ist die gemessene Frequenz des Phasenschiebegerators und damit die Niederfrequenz des detektierten Signals eindeutig der physikalischen Meßgröße (z.B. der zu messenden Temperatur) zugeordnet. Die Auswertung des Messsignals und seine Anzeige geschehen nach bekannten Verfahren.

#### Literatur:

- /1/ Beckmann, F.K.; Dörsch, H.; Röschmann, P.; Schilz, W.: Remote temperature sensing in organic tissue by ferrimagnetic resonance frequency measurements. Proc. 11th European Microwave Conference, Amsterdam (1981), Sept., 433-437
- /2/ Wiess, J.A.; Hawks, D.A.; Dionne, G.F.: A ferrimagnetic resonance thermometer for microwave power environment. 1981 IEEE International Microwave Symposium Digest, Los Angeles (USA), (1982), June, 290 - 292.
- /3/ siehe Wahl, G.: Minispione III, Frech Verlag, Stuttgart (1977), 2. Auflage, 106 - 108.



-7-

Nummer:  
Int. Cl.<sup>3</sup>:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

32 19 558  
G 08 C 17/00  
25. Mai 1982  
1. Dezember 1983

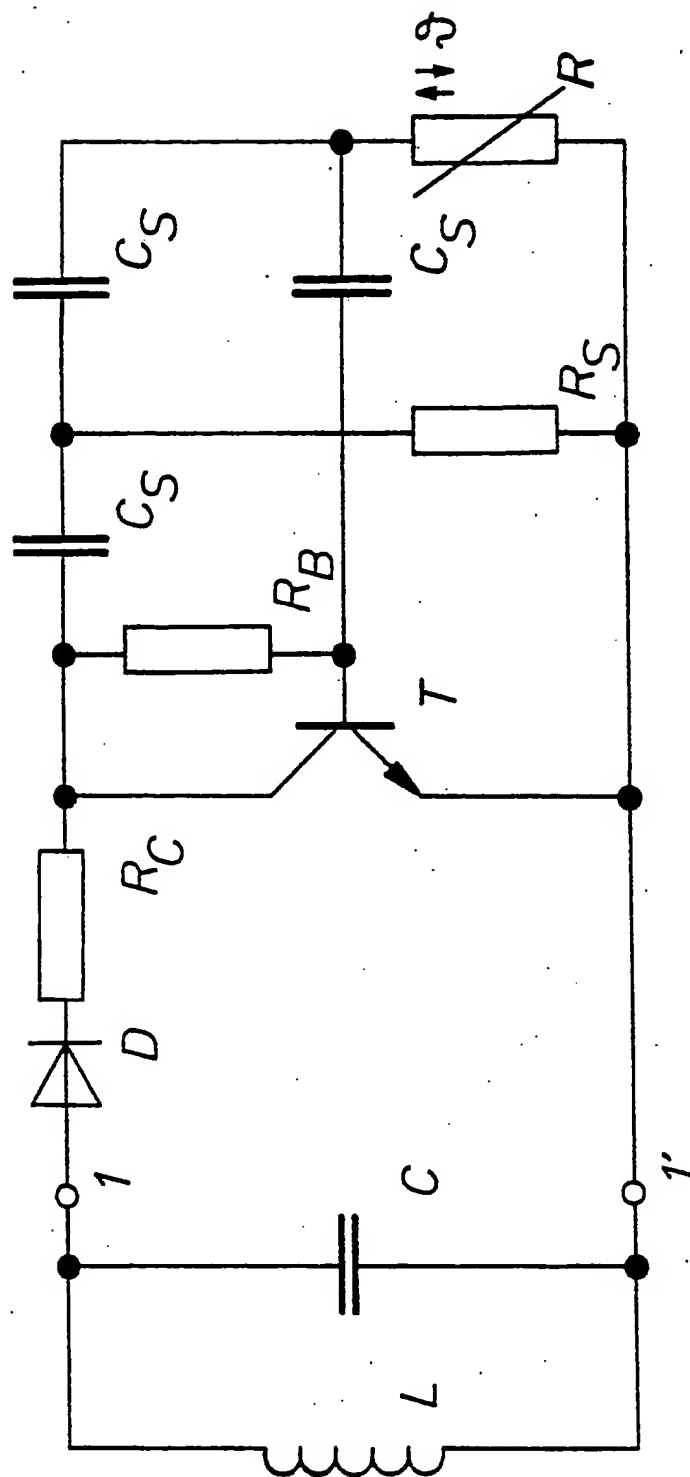


Fig. 1

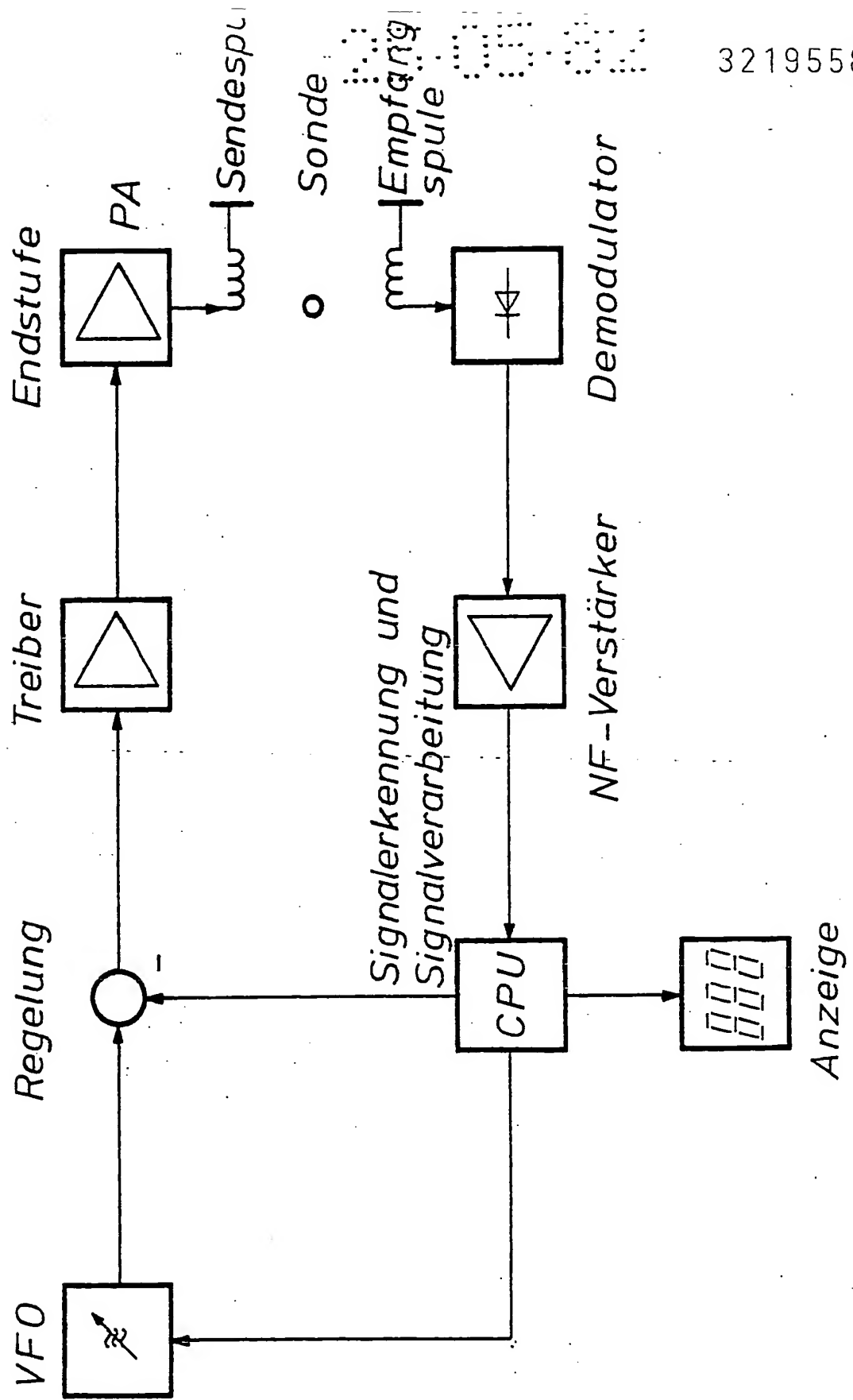


Fig. 2